

研討論文系列 97-5

# 再生能源之獎勵應基於粗能源產出 或淨能源產出？

蕭代基、洪鳴丰、林益豪

中華經濟研究院 編印  
中華民國九十七年三月

# 再生能源之獎勵應基於粗能源產出或淨能源產出？

蕭代基\*

中華經濟研究院、中央研究院經濟研究所

洪鳴丰

淡江大學產業經濟學系

林益豪

國立政治大學經濟學系

**關鍵詞：**能源政策、粗能源產出、淨能源產出、獎勵基礎、溫室氣體、再生能源

**JEL 分類代號：**Q28，Q48

---

\* 聯繫作者：蕭代基，中華經濟研究院，台北市大安區長興街 75 號。電話：(02) 2735-6006 分機 201；傳真：(02) 2733-0030；E-mail: dshaw@cier.edu.tw。本文承國科會補助（計畫編號：NSC 95-2218-E-002-035），謹誌謝忱。

## 摘要

基於能源安全、環境與經濟的考量，各國政府近來皆積極推廣再生能源的發展。獎勵再生能源產出的政策工具主要可分為數量政策工具與價格政策工具，但這類政策工具全都是以粗能源產出 (gross energy output) 為獎勵基礎，忽略了再生能源生產上的一個特性，也就是再生能源通常有較低的能源投資報酬率，亦即其淨能源產出 (net energy output) 遠低於粗能源產出，有些技術甚至會造成負的淨能源產出。本文根據這個特性，以簡單的靜態模型證明：(1) 以粗能源產出為獎勵基礎的政策，會造成能源浪費、經濟不效率以及環境惡化；(2) 再生能源政策應以淨能源產出為獎勵基礎。因此，政府於制定再生能源獎勵政策時，應該以淨能源產出為獎勵基礎，以鼓勵具效率的技術。

# 1. 前言

近來由於化石能源價格高漲與溫室效應問題日益嚴重，再生能源被認為是值得發展的替代能源，但一般而言再生能源的生產成本較化石能源為高，各國政府為了鼓勵再生能源的生產，採用了許多具補貼性質的經濟誘因工具，這些經濟誘因工具主要可以區分為價格工具與數量工具兩類。<sup>1</sup>

近年來有關再生能源經濟誘因工具的研究很多，例如 Menanteau et al. (2003)、Neij and Åstrand (2006)、Wassell Jr. and Dittmer (2006)、以及 Finon and Perez (2007) 對這些經濟誘因工具都有詳細的介紹與評價。此外也有許多論文進行實證研究，分析不同政策工具的效果與影響（如 Hillebrand (2006)、Kebede (2006)、Kissel and Krauter (2006)、Wang (2006)、Agnolucci (2006, 2007)、Cherni and Kentish (2007)、del Rfo and Gual (2007)、與 Gan et al. (2007) 等文）。但是，綜觀各國政府實際採行的經濟誘因工具以及這些政策研究，可以發現所有的再生能源經濟誘因工具都是以粗能源產出做為獎勵基礎。<sup>2</sup>

然而以粗能源產出做為獎勵基礎有一個重大的問題，即其忽略了每一種能源（尤其是再生能源）都不是免費的午餐，化石能源的開採、提煉與運輸以及再生能源的生產與轉換等都需要以能源為投入。許多研究顯示多種再生能源的能源投資報酬率（energy return on investment, EROI）<sup>3</sup> 普遍低於化石能源，亦即其淨能源

---

<sup>1</sup> 一般而言，再生能源政策工具主要分為價格工具（price-based approach）與數量工具（quantity-based approach）兩種。價格工具是由政府決定優惠收購價格，由市場來決定生產數量；而數量工具則是由政府規定再生能源總量，由市場來決定價格。前者包括第三者融資（3rd party finance）、資本補助（capital grants）、投資抵減（investment tax credits）、生產抵減（production tax credits）、保證（固定）價格（guaranteed price / feed-in price）、自願方案（voluntary programmes）、消費者補助 / 退款（consumer grants / rebates）、減免消費稅（excise tax exemptions）、綠色電價（green pricing）、與化石燃料稅（fossil fuel taxes）等等，數量工具包括競標制度（bidding system）、行政管制（regulatory and administrative rules）、再生能源配比義務（obligations）、與可交易再生能源權證（tradable certificates）等等。各國再生能源政策可詳見國際能源總署（International Energy Agency, IEA）的網站（[www.iea.org/textbase/pamsdb/grindex.aspx](http://www.iea.org/textbase/pamsdb/grindex.aspx)）。

<sup>2</sup> 例如補貼是針對再生能源粗產出進行；配比義務是規定粗產出的量或比例。

<sup>3</sup> 能源投資報酬率即能源產出投入比（energy output / energy input），其由 Cleveland et al. (1984) 首先提出，當 EROI 大於 1 時表示有正的淨能源產出，若小於 1 則淨能源產出為負。

產出遠低於粗能源產出，而且 EROI 可能小於 1(參見 Hammerschlag (2006)、Shapouri et al. (2002)、Shapouri (2004)、Pimentel (2003)、Pimentel and Patzek (2005)、Patzek et al. (2005)、與 Wesseler (2007) 等文)，愈低的 EROI 意味著愈有限的替代化石能源的貢獻，除此之外，EROI 小於 1 意味著淨能源產出為負，也就是其生產所需的能源投入大於能源產出，若這類能源的粗產出被獎勵生產，反而會加速能源的耗竭。

因此，由於再生能源低 EROI 的特性，我們認為再生能源經濟誘因工具，以粗能源產出做為獎勵基礎可能不是適當的選擇。但是目前各國的再生能源經濟誘因工具都以粗能源產出為基礎，過去有關再生能源經濟誘因工具的研究，也都忽略了淨能源產出的重要性。

以下，本文將以簡單的靜態模型分析指出，以粗能源產出為基礎的再生能源經濟誘因工具（不管是價格或數量工具），在經濟上是不效率的，並且有浪費能源與加深環境問題之虞，違背了鼓勵再生能源生產以替代化石能源之初衷。

本文認為應以淨能源產出做為再生能源政策的獎勵基礎，因為以淨能源產出做為獎勵基礎，不但可以避免上述以粗能源產出為基礎時所可能產生的問題，也能達到獎勵再生能源發展的目標。

本文架構安排如下，第二節中，我們首先從廠商的角度，對以粗能源產出為獎勵基礎可能造成的問題進行探討；其次我們從社會最適的角度說明粗能源產出並非最適獎勵基礎。第三節證明淨能源產出為社會最適獎勵基礎，能使再生能源產量達到社會最適。第四節則為結論。

## 2. 粗能源產出為獎勵基礎

為簡單清楚地呈現現行再生能源政策以粗能源產出為獎勵基礎之不適，本文作了以下四個假設：(1) 再生能源市場、化石能源市場、再生能源權證市場與 CO<sub>2</sub>

排放交易市場皆為完全競爭；(2) 能源價格由化石燃料價格決定，再生能源價格與化石燃料價格相等；<sup>4</sup> (3) 再生能源的使用沒有外部成本；(4) 再生能源業者以化石能源為投入時，沒有受政府管制（如課污染稅等）。

## 2.1 廠商

在沒政府干預的情況下，我們一般化設定再生能源業者的利潤函數 ( $\pi$ ) 為：

$$\pi = pq - pg(q) - c(q)$$

式中  $p$  為能源市場均衡價格， $q$  為再生能源粗產出， $g(q)$  代表生產  $q$  單位再生能源產出所需要的能源投入。<sup>5</sup> 總成本包括，以貨幣計價的能源成本  $pg(q)$  與能源以外的其他投入成本  $c(q)$ 。接著，我們將利潤函數整理為：

$$\pi = p[q - g(q)] - c(q) \quad (1)$$

式 (1) 中，再生能源粗產出與能源投入的差 ( $q - g(q)$ ) 即為再生能源的淨產出。式 (1) 清楚說明，當市場為自由競爭時，技術不效率的再生能源業者 ( $q - g(q) < 0$ ) 利潤恆小於零，所以不會存在於市場上。

廠商利潤最大化一階條件為：

$$p = pg'(q) + c'(q) \quad (2)$$

邊際收益等於邊際成本為熟知的利潤最大化一階條件，式 (2) 比較不同的地方在於將邊際能源投入成本列出，並且  $g'(q)$  必須小於 1，<sup>6</sup> 亦即利潤極大化的廠商其最後一單位的能源產出必須大於能源投入。

圖 1 為沒有政府干預下之再生能源粗產出與淨產出的關係。圖中， $MC$  為再生能源廠商的邊際總成本， $mc$  為邊際能源投入成本，兩條線的差即為邊際非能源投

<sup>4</sup> 假設再生能源市場相對化石能源市場來得小，再生能源供需無法影響能源價格。

<sup>5</sup> 能源投入可以是化石能源，也可以是再生能源，這樣的設定假設不同能源間具有完全替代的性質。

<sup>6</sup> 式 (2) 中由於  $p$  與  $c'(q)$  均為正，因此  $g'(q)$  須小於 1 等式方能成立。

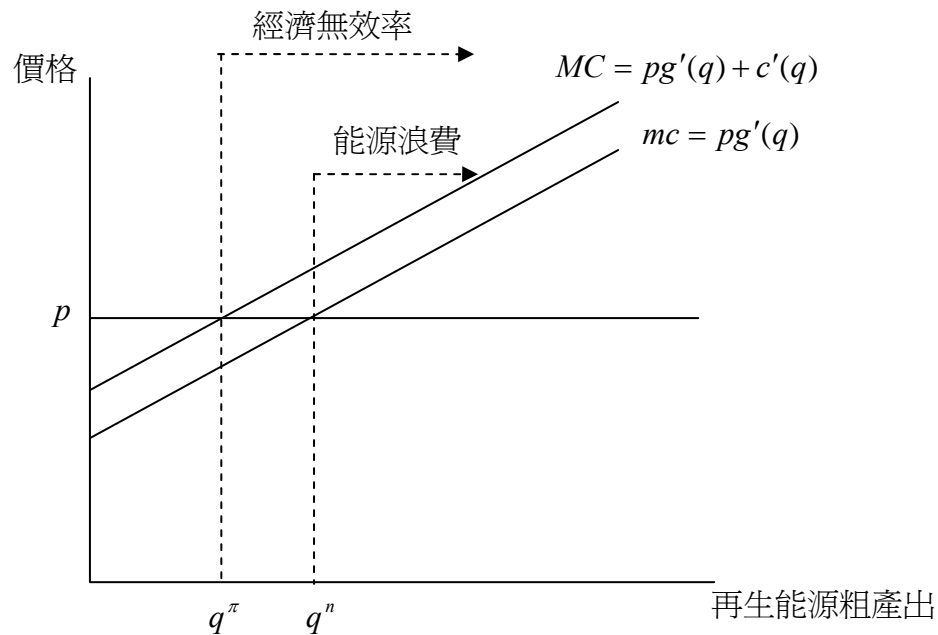


圖 1 再生能源粗產出

入成本  $c'(q)$ ，<sup>7</sup> 能源價格線為  $p$ 。

依據式 (2) 之一階條件，邊際總成本與價格線交點 ( $MC=p$ ) 決定利潤最大之粗產出  $q^\pi$ 。並且，當邊際能源投入成本等於價格 ( $mc=pg'(q)=p$ )，即邊際能源投入等於其能源粗產出 ( $g'(q)=1$ ) 時，再生能源淨產出達最大；<sup>8</sup> 如圖 1，粗產出為  $q^n$  時，淨產出達最大量。其次，利潤最大粗產出會小於淨產出最大時的粗產出量 ( $q^\pi < q^n$ )，這是因為當粗產出大於  $q^\pi$  時，從淨能源產出所獲得的邊際報酬低於所需的邊際成本所致 ( $p(1-g'(q)) < c'(q)$ )。

值得注意的是，若廠商之粗能源產出量大於  $q^\pi$ ，則廠商是在沒有經濟效率的階段生產，因為此時廠商能源生產之邊際總成本大於能源價格。而若廠商之粗產出產量大於  $q^n$ ，則廠商更是在能源浪費的情況下生產，因為此時廠商生產之邊際能源成本大於能源價格 ( $pg'(q) > p$ )，因此  $g'(q) > 1$ ，即廠商以大於一單位的能源投入生產一單位的再生能源，所以造成能源浪費。

<sup>7</sup> 為了做圖方便，我們假設非能源投入的邊際成本為常數，這樣的假設並不會影響模型結果。

<sup>8</sup> 淨能源產出  $n = q - g(q)$ ，淨能源產出最大時之一階條件為  $g'(q) = 1$ 。

以下我們將以圖形與數學，探討以粗能源產出為政策獎勵基礎所造成的問題。其中，在價格政策工具方面，我們以補貼政策為例進行探討，在數量政策工具方面，我們以再生能源配比義務 (renewable energy portfolio standard, RPS) 為例進行探討。

首先，當政府補貼再生能源粗產出時，廠商之利潤函數扭曲為：

$$\pi^{ss} = (p + s^s)q - pg(q) - c(q) = p[q - g(q)] + s^s q - c(q) \quad (3)$$

式 (3) 中， $s^s$  為單位粗產出的補貼率。<sup>9</sup> 廠商利潤最大化之一階條件為：

$$p[1 - g'(q)] + s^s = c'(q)$$

此式可進一步改寫為：

$$p = pg'(q) + c'(q) - s^s \quad (4)$$

式 (4) 與式 (2) 之一階條件並不相同，可知補貼政策將對再生能源廠商產生邊際影響。

參見圖 2，對於效率廠商而言，由於政府以每單位  $s^s$  的價格補貼再生能源粗產出，廠商的邊際總成本線由  $MC$  下降至  $MC'$ ，因此廠商利潤最大產量 ( $q^{\pi}$ ) 將大於無補貼下之最大產量 ( $q^{\pi}$ )，也就是廠商將在無經濟效率階段下生產。尤有甚者，只要單位補貼率大於非能源投入的邊際成本 ( $s^s > c'(q)$ )，則廠商甚至會在能源浪費的情況下生產。<sup>10</sup>

對於無效率廠商而言，其利潤恆小於零，其產出的邊際總成本與邊際能源投入成本恆高邊際收益線 ( $MC > mc > p$ ) (見圖 3)，<sup>11</sup> 因此在沒有政府干預下，廠商不會進入市場。但是當政府補貼再生能源粗產出時，只要補貼的額度夠大，廠商

<sup>9</sup> 補貼政策相當於價格為  $(p + s^s)$  的保證價格政策。

<sup>10</sup> 當  $s^s > c'(q)$ ，由式 (4) 可知  $p(1 - g'(q)) < 0$ ，即  $1 < g'(q)$ ，再生能源單位產出小於其邊際能源投入。

<sup>11</sup> 當再生能源業者為無效率廠商時， $q - g(q) < 0$ ，因此，微分可得  $1 - g'(q) < 0$ ，左右同乘正的價格  $p$ ，可得  $p(1 - g'(q)) < 0$ ，故  $p < pg'(q) = mc < MC$ 。



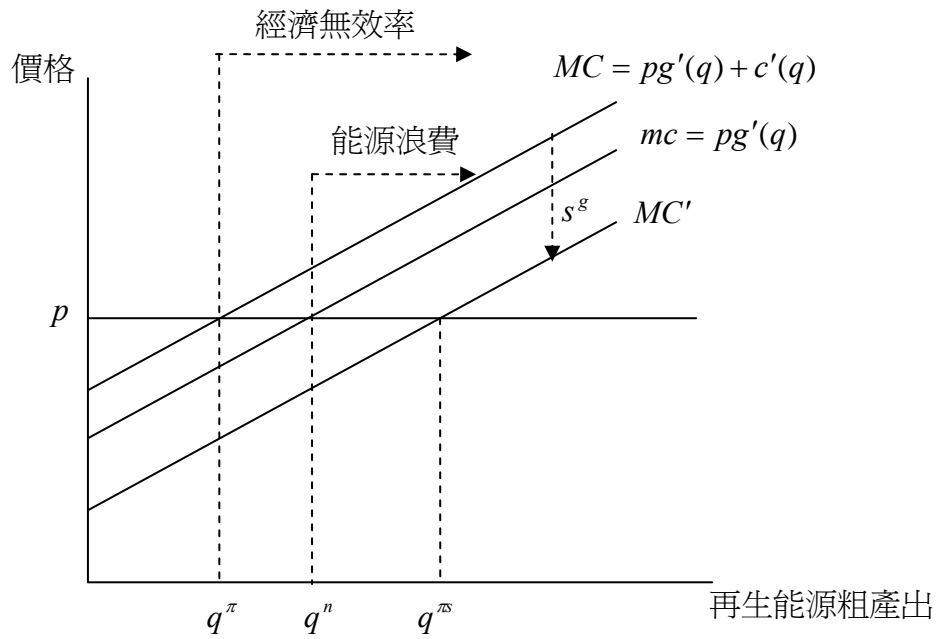


圖 2 補貼下之效率廠商行為

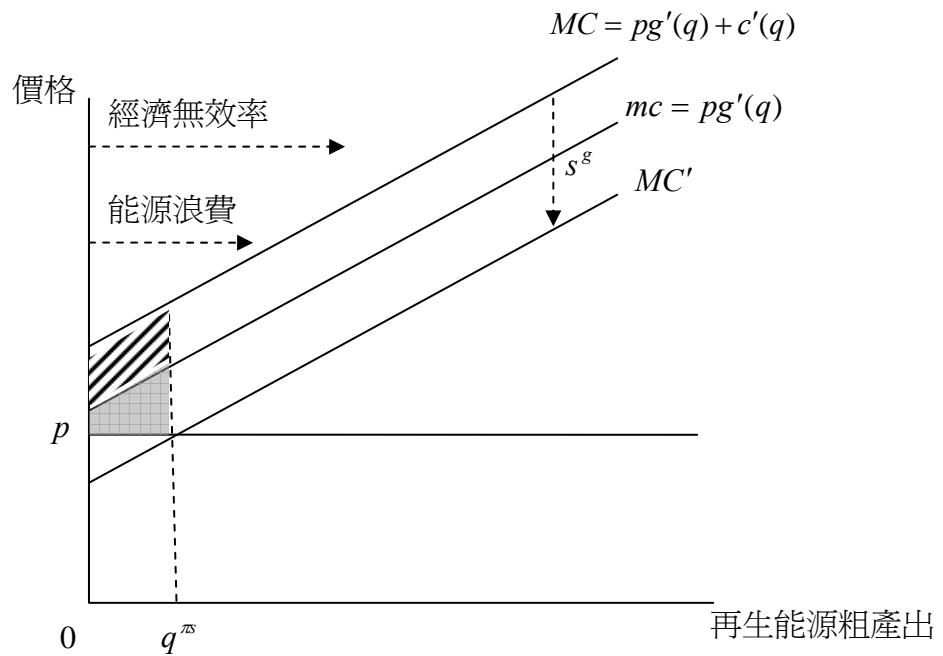


圖 3 補貼下之無效率廠商行為

就有誘因進入市場生產。如圖 3，當政府以每單位  $s^g$  的價格補貼再生能源粗產出時，廠商的邊際成本由  $MC$  下降至  $MC'$ ，此時不效率的廠商能夠透過補貼獲取利潤，而生產  $q^m$  的產出。由於無效率廠商的再生能源生產技術不成熟，生產所需的能源投入大於產出，因此這樣的補貼會造成能源浪費的問題，浪費的能源量為  $g(q^m) - q^m$ 。以浪費的成本來看，無效率廠商進入市場生產，將造成圖 3 中斜線部分之非能源成本的浪費，以及陰影部分之能源成本的浪費。

是故，粗產出補貼政策給予無效率技術與廠商進入市場的誘因，並且讓效率廠商於無效率階段生產，造成再生能源資源配置上的不效率與能源資源浪費。此外，補貼所需的支出會排擠政府在其他用途上的財政支出，此機會成本也是我們在做粗產出補貼政策時所應予以考慮的。

在以粗能源產出為基礎的數量政策工具上，我們以再生能源配比義務為例，假設廠商的利潤函數為：

$$\pi^{sp} = p[q - g(q)] - c(q) + p^{sp}(q - \bar{q}) \quad (5)$$

其中， $\bar{q}$  為政府規定的再生能源粗產出義務量， $p^{sp}$  為競爭的權證價格。<sup>12</sup> 當業者有較多的再生能源產出時，高出義務量的部分可以獲取對等的權證數量，並以權證價格  $p^{sp}$  出售給自己無法生產或產出不足而需要購買義務量的廠商。廠商利潤最大化一階條件為：

$$p[1 - g'(q)] + p^{sp} = c'(q) \quad (6)$$

與式 (4) 的情況相同，原先不會進入市場的無效率廠商與技術，在此當權證價格愈高時，就有愈大的誘因進入市場生產。

是故以粗產出為基礎的數量政策，也不可避免能源浪費與經濟不效率的問題，特別是當政府規定的再生能源義務量愈高時，廠商愈有誘因使用價格較低的

<sup>12</sup> 義務量訂得愈高，代表再生能源需求量愈高，所反映的權證價格也愈高，詳見 Menantesu et al. (2003)。

傳統能源去生產價格較高的再生能源，進而惡化能源資源的使用效率。

## 2.2 社會最適的再生能源粗產出

一般認為再生能源可以替代化石能源、促進能源安全與舒緩化石能源造成的環境問題，特別是對溫室氣體減量的貢獻。但是我們在此必須特別提醒，唯有再生能源淨產出才能夠替代化石能源，而不是一般所認知的粗能源產出，因為生產再生能源時投入的化石燃料，也是能源消耗，也會造成環境問題。據此，若以不效率技術生產再生能源，不但無法替代化石能源，反而還會加速化石能源的耗竭與環境的惡化。

對社會規畫者而言，再生能源生產的社會效益函數，應該包含替代化石能源的效益。<sup>13</sup> 假設二氧化碳的減量效益可以用貨幣衡量，且單位淨能源產出的二氧化碳減量效益為固定正常數  $e$  時，社會效益函數可以表示為：

$$\pi^s = p[q - g(q)] - c(q) + e[q - g(q)] \quad (7)$$

比較式 (1) 和式 (7)，具效率技術的廠商有外部效益（二氧化碳減量效益），因此政府應該鼓勵業者多生產。同時這樣的函數也代表，不效率的技術有產出的外部成本，不應該被市場使用。若政策鼓勵不效率的再生能源生產，則不唯其能源投入大於能源產出，使得再生能源根本無法用來替代化石能源，多生產這樣的再生能源，也會造成 CO<sub>2</sub> 排放增加、環境更形惡化的問題。

據式 (7)，社會最適產出的一階條件為：

$$(p + e)[1 - g'(q)] = c'(q) \quad (8)$$

比較式 (8) 前述政府干預下之廠商最適產出的一階條件（式 (4) 和式 (6)），我們

---

<sup>13</sup> 本文為求簡化，假設再生能源的生產與使用沒有外部成本，但事實上，生產與消費再生能源並非全然不會有外部成本的發生，例如風力發電有噪音與影響候鳥遷移路徑的問題、生質燃料使用也會排放二氧化碳以外的空氣汙染物等。因此若要內部化所有外部性，則政府不只需採行獎勵再生能源外部效益之能源政策，亦需採行對再生能源產生的外部成本進行管制的管制政策等。

可以發現這些一階條件並不相同，亦即政府很難設定最適的粗產出補貼率 ( $s^g$ ) 以及最適的再生能源粗產出義務量 ( $\bar{q}$ )，使得再生能源產量達到社會最適。

綜上所述，再生能源政策以粗能源產出為獎勵基礎時，會造成效率廠商在經濟不效率的階段生產、無效率廠商進入市場生產、溫室氣體排放可能增加、以及無法達到社會最適再生能源產出等問題。因此，我們認為再生能源政策不應該以粗能源產出為獎勵基礎，以避免違反再生能源發展之初衷。

### 3. 以淨能源產出為獎勵基礎

前已述及政策獎勵基礎的錯誤，會導致不效率技術被使用且再生能源產出非社會最適，我們認為較合宜的方法是以淨能源產出為政策獎勵基礎，以下即以數學分析之。

首先，當政府以單位補貼率  $s^n$  補貼再生能源淨產出時，廠商之利潤函數改寫為：

$$\pi^{ns} = p[q - g(q)] - c(q) + s^n [q - g(q)] \quad (9)$$

式 (9) 表示，在淨能源產出補貼下，不效率廠商的利潤仍然恆小於零，所以不會進入市場，並且淨能源生產越有效率的廠商，所獲得的補貼越大。廠商利潤最大化一階條件為：

$$(p + s^n)[1 - g'(q)] = c'(q) \quad (10)$$

比較式 (10) 與式 (8) 之社會最適一階條件，可以發現，只要補貼率等於單位淨能源產出的二氧化碳減量效益 ( $s^n = e$ )，則利潤極大化廠商會生產社會最適再生能源產量。這樣的政策除了避免能源浪費等問題發生外，政府也可以透過對淨能源產出的補貼，獎勵效率廠商的生產。

同樣地，數量政策 (RPS 為例) 以淨能源產出為基礎時，廠商的利潤函數表示為：

$$\pi^{np} = p[q - g(q)] - c(q) + p^{np} \{ [q - g(q)] - \bar{N} \} \quad (11)$$

式 (11) 中， $\bar{N}$  為政府要求的再生能源淨產出義務量， $p^{np}$  為淨能源權證價格。在以淨能源產出為基礎的數量政策下，不效率廠商同樣不會有正的利潤可尋，而淨能源產出高過義務量的業者，也可以出售權證以賺取較高的利潤。

在此廠商利潤最大化一階條件為：

$$(p + p^{np})[1 - g'(q)] = c'(q) \quad (12)$$

同樣地，比較式 (12) 與式 (8) 之社會最適一階條件，可以發現，只要權證價格等於單位淨能源產出的二氧化碳減量效益 ( $p^{np} = e$ )，則利潤極大化廠商會生產社會最適的再生能源產量。<sup>14</sup>

由上述價格政策與數量政策之分析，可見以淨能源產出為基礎的政策，已經直接將獎勵對象鎖定在那些具有效率技術的廠商身上。這樣的政策，一方面可以獎勵有效率的產出，一方面又能夠避免浪費能源的技術被使用，並且，淨能源產出可用以替代化石能源，獲取溫室氣體減量效益。

## 4. 結論與限制

本文主要指出現行再生能源政策以粗產出為獎勵基礎可能造成的問題。我們以補貼與配比義務分別說明，在以粗能源產出為獎勵基礎下，不管價格或數量政策都會造成經濟不效率與環境問題等負面影響，而違背了再生能源政策最初的美意。然而，只要我們釐清能源使用的本質，改以淨能源產出為政策獎勵基礎，則這些問題都可以迎刃而解。理論上以淨能源產出為再生能源政策的獎勵基礎，可以避免不效率的生產技術被使用，並將外部成本充分的反映到生產者身上。

不過以淨產出為政策獎勵基礎，也可能會碰到的一些困難。首先，雖然以淨

---

<sup>14</sup> 要決定一個正確的最適淨產出義務量 ( $\bar{N}$ )，以讓權證價格等於單位淨能源產出的二氧化碳減量效益，是件困難的工作。

能源產出為基礎能適當的反映不同技術間的外部性，但不同廠商與不同技術間淨能源產出的認定是有困難的。其次，本文的假設簡化了許多問題，例如市場為完全競爭、單位二氧化碳減量效益為常數等。當這些假設被一一消去後，淨能源產出是否仍為最適獎勵基礎，是本文未予以探討的，值得進一步研究。另外，再生能源的生產與使用並非全然是沒有污染的，面對這類外部效益與外部成本同時存在的問題，政府通常必須在獎勵淨能源產出的同時，搭配相對應的污染管制政策，以達社會最適。

最後我們仍要強調，以淨能源產出為獎勵基礎的再生能源政策，仍屬於次善 (second best) 政策，最佳的再生能源政策應從矯正能源市場的扭曲著手，例如課徵化石能源稅以及取消對化石能源的補貼，以反應當代人使用可耗竭的化石能源對後代子孫的外部成本。如此，透過化石能源價格的調高，不但可以降低能源及化石能源的需求量，減少污染排放量，並且可以提升再生能源的市場競爭力，而不需要政府進行干預，避免政府干預可能帶來的能源浪費、經濟不效率以及環境惡化等負面效果。

## 參考文獻

- Agnolucci, P. (2006), "Use of Economic Instruments in the German Renewable Electricity Policy," *Energy Policy*, 34(18), 3538-3548.
- Agnolucci, P. (2007), "Renewable Electricity Policies in the Netherlands," *Renewable Energy*, 32(5), 868-883.
- Cherni, J.A. and J. Kentish (2007), "Renewable Energy Policy and Electricity Market Reforms in China," *Energy Policy*, 35(7), 3616-3629.
- Cleveland, C.J., R. Costanza, C.A.S. Hall, and R. Kaufmann (1984), "Energy and the U.S. economy: A Biophysical Perspective," *Science*, 225(4665), 890-897.

- del Río, P. and M.A. Gual (2007), “An Integrated Assessment of the Feed-in Tariff System in Spain,” *Energy Policy*, 35(2), 994-1012.
- Finon, D. and Y. Perez (2007), “The Social Efficiency of Instruments of Promotion of Renewable Energies: A Transaction-cost Perspective,” *Ecological Economics*, 62(1), 77-92.
- Gan, L., G.S. Eskeland, and H.H. Kolshus (2007), “Green Electricity Market Development: Lessons from Europe and the US,” *Energy Policy*, 35(1), 144-155.
- Hammerschlag, R (2006), “Ethanol’s energy return on investment: a survey of the literature 1990 — present,” *Environmental science and Technology*, 40(6), 1744-1750.
- Hillebrand, B., H.G. Buttermann, J.M. Behringer, and M. Bleuel (2006), “The Expansion of Renewable Energies and Employment Effects in Germany,” *Energy Policy*, 34(18), 3484-3494.
- Kebede, B. (2006), “Energy Subsidies and Costs in Urban Ethiopia: The Cases of Kerosene and Electricity,” *Renewable Energy*, 31(13), 2140-2151.
- Kissel, J.M. and S.C.W. Krauter (2006), “Adaptations of Renewable Energy Policies to Unstable Macroeconomic Situations—Case Study: Wind Power in Brazil,” *Energy Policy*, 34(18), 3591-3598.
- Menanteau, P., D. Finon, and M.-L. Lamy (2003), “Prices versus Quantities: Choosing Policies for Promoting the Development of Renewable Energy,” *Energy Policy*, 31(8), 799-812.
- Neij, L. and K. Åstrand (2006), “Outcome Indicators for the Evaluation of Energy Policy Instruments and Technical Change,” *Energy Policy*, 34(17), 2662-2676.
- Patzek, T. W., S.-M. Anti, R. Campos, K.W. Ha, J. Lee, B. Li, J. Padnick, and S.-A. Yee (2005), “Ethanol from Corn: Clean Renewable Fuel for the Future, or Drain on Our

- Resources and Pockets?" *Environment, Development and Sustainability*, 7, 319-336.
- Pimentel, D. (2003), "Ethanol Fuels: Energy Balance, Economics, and Environmental Impacts Are Negative," *Natural Resources Research*, 12(2), 127-134.
- Pimentel, D. and T.W. Patzek (2005), "Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower," *Natural Resources Research*, 14(1), 65-76.
- Shapouri, H., J.A. Duffield, and M. Wang (2002), "The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update," U.S. Department of Agriculture, Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses, Agricultural Economic Report No. 814.
- Shapouri, H., J. Duffield, A. McAloon, and M. Wang (2004), "The 2001 Net Energy Balance of Corn Ethanol," Presented at the Corn Utilization and Technology Conference, June 7-9, 2004, Indianapolis, IN. (available at: [http://www.usda.gov/oce/reports/energy/net\\_energy\\_balance.pdf](http://www.usda.gov/oce/reports/energy/net_energy_balance.pdf))
- Wang, Y. (2006), "Renewable Electricity in Sweden: An Analysis of Policy and Regulations," *Energy Policy*, 34(10), 1209-1220.
- Wassell Jr., C.S. and T.P. Dittmer (2006), "Are Subsidies for Biodiesel Economically Efficient?" *Energy Policy*, 34(18), 3993-4001.
- Wesseler, J. (2007), "Opportunities ('Costs) Matter: A Comment on Pimentel and Patzek "Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower"," *Energy Policy*, 35(2), 1414-1416.



# **The Base Choice of Renewable Energy Policy Instruments**

**Daigee Shaw\***

Chung-Hua Institution for Economic Research and  
Institute of Economics, Academia Sinica

**Ming-Feng Hung**

Department of Industrial Economics, Tamkang University

**Yi-Hao Lin**

Department of Economics, National Chengchi University

**Keywords:** Energy policy, Gross energy output, Net energy output, Greenhouse gases,  
Renewable energy

**JEL Classification:** Q28, Q48

---

\* Correspondence: Daigee Shaw, Chung-Hua Institution for Economic Research, Taipei 106, Taiwan. Tel: (02) 2735-6006 ext. 201; Fax (02) 2733-0030; E-mail: dshaw@cier.edu.tw.

## ABSTRACT

*Energy security, economic development and environmental benefits are the main reasons for many countries to develop renewable energy. Policy instruments used to promote the production of renewable energy can be generally classified as price-based and quantity-based instruments. However, these instruments are typically based on the gross output of renewable energy and result in more gross output of renewable energy. A characteristic of renewable energy is that their net energy outputs are very small and some of them even can not make positive net energy output.*

*This study proves that policy instruments based on gross output will result in problems of energy waste and economic inefficiency and may accelerate environmental degradation. The paper also proves that efficient policy instruments for promoting renewable energy should be based on net output.*